

## IPS-Empress 도재관의 변연형태에 따른 과절강도에 관한 연구

원광대학교 치과대학 보철학 교실

김현수 · 주태훈 · 오상천 · 동진근

### I. 서 론

최근 새로운 도재 및 도재관 제작기술의 개발로 도재관의 물리적 성질과 심미성이 향상되고 있으며, 이는 심미성을 중요시 하는 환자의 욕구와 잘 부합되어 도재관의 이용이 날로 증가하고 있다.

치과용 도재는 1887년 Land<sup>2</sup>에 의해 도재 인레이와 도재관의 제작법이 소개된 이래 치관 수복재료로서 널리 이용되기 시작했다. 1956년 금합금에 도재를 용착시켜 강도와 심미성을 함께 얻을 수 있는 금속 도재관 제작법이 개발되어 전치부 결손부의 수복에 적용되고 있으나, 금속 코아와 금속을 차단하기 위하여 사용되는 불투명 도재로 인하여 과도한 치아 삭제가 필요하고 금속이 빛의 투과를 차단하여 자연치와 유사한 투명도를 얻는데 어려움이 있었다<sup>3,4</sup>. 1965년에는 알루미늄 코아를 적용하여 강도를 높인 도재관이 소개되어 전치부 심미 수복재료로서 많이 이용되었으나 제작과정이 복잡하고 강도가 충분히 높지 않아 적용범위가 제한적이었다<sup>5</sup>. 1984년 미국의 코닝사에 의해 개발된 Dicor 도재관은 납형을 매몰하고 주조 과정을 거쳐 도재관을 제작한다<sup>6,7</sup>. 이 Dicor 도재관은 외형부여가 용이하고 변연적합성이 우수한 장점을 갖고 있는 반면, 강도가 충분하지 못하여 심미성의 부여가 용이하지 않은 단점을

갖고 있다. 1988년 내화성 매몰재 모형상에서 도재를 직접 축조 및 소성하는 Hi-Ceram<sup>8</sup>과 Optec HSP<sup>9</sup>가 소개되었으며, 1989년 In-Ceram<sup>10</sup>이 소개되었는데 In-Ceram은 slip-casting 방법을 이용하여 알루미늄 코아를 제작하는 방법으로 강도가 탁월하여 전치부 고정성 보철물의 제작도 가능하게 되었다.

1990년에는 Zurich 치과대학과 Ivoclar 회사에 의하여 개발된 IPS-Empress system이 소개되었는데 이 system은 결정화된 도재를 가열 및 가압(heat-press)하여 수복물을 제작한다<sup>11</sup>. IPS-Empress system은 구치부 도재관을 제작하는 경우 도재의 축조와 소성 과정이 없이 도재관의 제작이 가능하므로 제작이 용이하고 변연적합성이 우수하다<sup>12</sup>. 또한 도재 ingot의 색조를 각 환자의 치아색에 맞추어 선택할 수 있기 때문에 치아의 재현성이 우수하고 제작 과정 중 백류석 결정과 glass의 서로 다른 열팽창 계수에 의해 도재의 강도가 증가하는 특성을 가지고 있어 전치부는 물론이고 구치부의 도재관 제작에도 적용시킬 수 있다<sup>13</sup>.

치아 수복재료로서 도재는 높은 심미성과 충분한 강도를 갖추어야 한다. 도재관의 강도는 주로 도재의 종류 및 도재관 제작방법, 치아 형성방법과 치아와 도재관의 접착방법에 영향을 받는다<sup>14-21</sup>. 특히 슬자에 의해서 이루어지는 치아 형성방법에서 강도에 영향을 주는 요소는 교합면과 측면의 삭제량, 측면의 경사도 그리고

변연 형성방법이다. 변연 형성방법에 따른 도재관의 강도에 관한 선학들의 연구를 살펴보면 일반적으로 변연형태가 shoulder인 도재관의 강도가 우수하다고 보고하였다<sup>16</sup>.

본 연구는 변연 형성방법이 도재관의 강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 최근 개발되어 임상에 사용되고 있는 IPS-Empress system을 이용하여 변연형태를 달리한 도재관을 제작하고 파절강도를 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 실험용 금속다이 제작

기본 모형 제작을 위해 경질 레진치(상악 좌측 제1소구치, Columbia Co., USA)를 이용하여 치아형성을 하였는데 교합면은 guiding groove를 형성한 후 사면에 따라 1.5mm의 두께가 되도록 균일하게 삭제했고, 측면 경사각은 10°가 되게 하였으며 변연은 1.0mm폭의 bevel 형태로 형성하여 백아범랑경계 1mm 상방에 위치시켰다(Fig. 1).

실리콘 인상재(President light body, Colten, Swiss)와 다이 제작용 레진(Epoxy Die, Ivoclar, Liechtenstein)을 이용하여 기본 모형을 복제

하고 bevel, shoulder, shoulder with bevel, rounded shoulder, rounded shoulder with bevel 그리고 bevel with groove등 6종류의 변연 형태를 부여하였다(Fig. 2).

이상의 방법으로 제작된 각기 다른 변연형태를 갖는 레진 모형을 주 모형으로 하여 각각의 모형을 인상 채득하여 일반적인 방법에 따라 니켈 크롬 합금(Rexillum III, Concilon dental materials, instrument & equipments, USA)으로 각 군당 10개씩 총 60개의 실험용 금속다이를 제작하였다.

### 2. IPS-Empress 도재관 제작

도재관의 제작을 위하여 실험용 금속다이로부터 실리콘 인상재와 초경석고를 이용하여 군별 10개씩 총 60개의 석고모형을 제작하였다. 석고모형에 die-spacer를 제조회사의 지시에 따라 바르고 왁스(Green imlay casting wax, hard-type, Kerr, USA)로 납형을 제작하였는데, 납형이 동일한 외형과 두께를 갖도록 인상재를 이용하여 mold를 만들고 연화된 왁스를 부어 납형을 복제하였다. 복제된 납형은 매몰링 기저부에 위치시켰는데, 이때 각 납형간의 거리는 적어도 3mm 이상, 매몰링(paper ring)과 납형과의 거리는 10mm가 되도록 하였으며 왁스

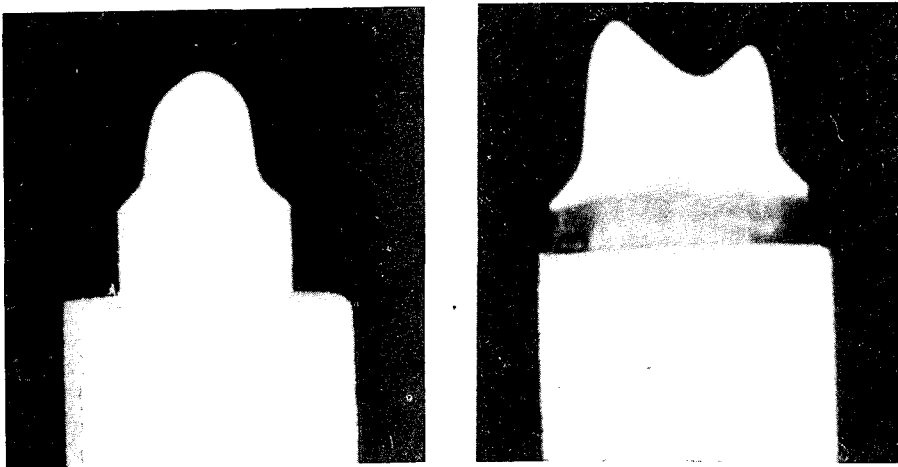


Fig. 1. Prepared resin tooth bevel finish line  
left : buccal view  
right : proximal view

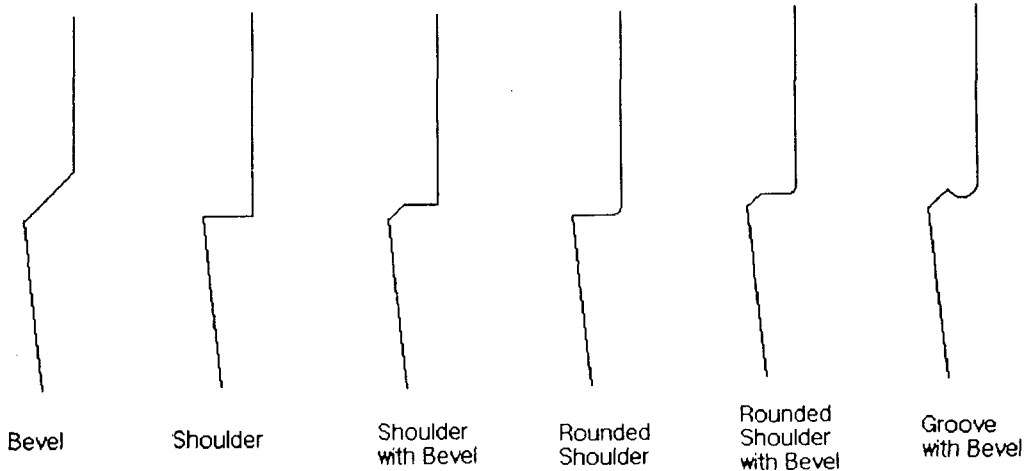


Fig. 2. Six different margin types used in this study

Bevel Shoulder Shoulder with bebel Rounded shoulder Rounded shoulder with bevel Bevel with groove

주입선의 직경은 3mm, 길이는 10mm가 되도록 하였고 납형의 교합면과 주입선이 이루는 각도는 45°가 되도록 하였다.

매물재의 혼합 방법은 IPS-Empress 매물재 액과 증류수 그리고 매물재 분말의 비율이 30 ml : 12ml : 200g이 되도록 정확한 양을 계측하여 진공 혼합법으로 60초간 혼합하고 매몰링 하단부터 매물재를 채웠다. 매물재가 완전히 경화된 후 매몰링 기저부와 매몰링을 제거하고 매물체의 기저부를 다듬었다. 매물체와 ceramic

ingot 그리고 alox plunger를 소환로에 넣고 실온에서부터 시작하여 분당 5°C씩 온도를 높여 250°C에서 30분간 계류시키고 다시 온도를 높여 850°C에서 90분간 계류시켰다(Fig. 3). press furnace(IPS-Empress EP500 press furnace, Ivoclar, Liechtenstein)에서 staining 제작법을 위한 프로그램을 선택하여 700°C까지 예열을 시행한 후 IPS-Empress ceramic ingot(O1)과

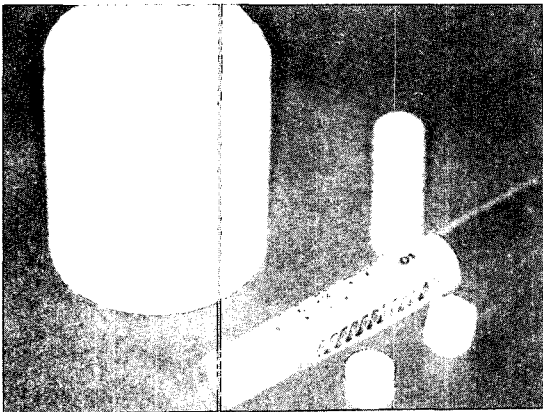


Fig. 3. Ceramic ingot, alox plunger and investment



Fig. 4 IPS-Empress EP500 press furnace

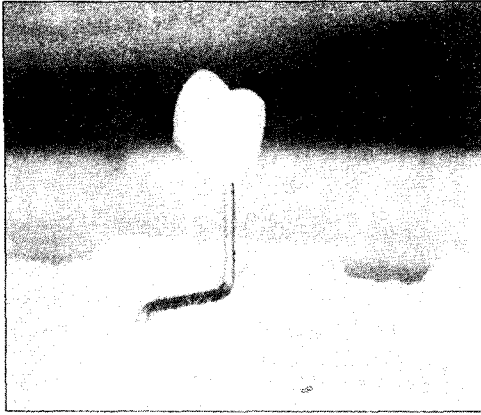


Fig. 5 Crown after glazing

alox plunger를 매물체에 넣고 press furnace 중앙에 위치시킨 후 가열 및 가압 과정을 시행하였다(Fig. 4).

가압 과정이 끝난 매물체를 furnace내에서 꺼내 실온까지 식힌 후, 매물체에 alox plunger의 길이를 표시하고 표시선을 따라 매물체의 일부를 절단했으며, 500 $\mu$ m의 glass bead (Shofu Co., Japan)를 이용하여 펜 블라스터로 매물체를 제거하였다. 도재관의 외형을 다듬은 후 3회의 염색 과정과 2번의 광택 과정을 거쳐 IPS-Empress 도재관을 완성하였다(Fig. 5).

### 3. IPS-Empress 도재관과 금속다이의 합착

제작된 도재관은 각각의 금속 모형과 복합 레진 시멘트(Bistite resin cement, Tokuyama soda Co, LTD., Tokyo, Japan)를 사용하여 접착했다. 접착에 앞서 도재관의 내면을 IPS-Empress etchant를 이용 1분간 산부식시키고, 증류수내에서 초음파 세척기로 수세를 시행하였으며 금속모형의 피착면은 샌드 블라스터로 표면 처리하였다. 동일한 양의 레진 시멘트 A와 B를 제조회사의 지시대로 혼합하여 도재관 내면과 금속모형에 골고루 바르고 압접한 후 여분의 시멘트를 붓으로 제거하였다. 일정한 힘을 가하기 위하여 30kg의 정하중기를 사용하였으며(Fig. 6), 레진 시멘트의 경화를 위해 15초 동안 광중합을 시행하였고 접착이 완료된 도재관은 37 $^{\circ}$ C 증류수에 24시간 보관하였다.

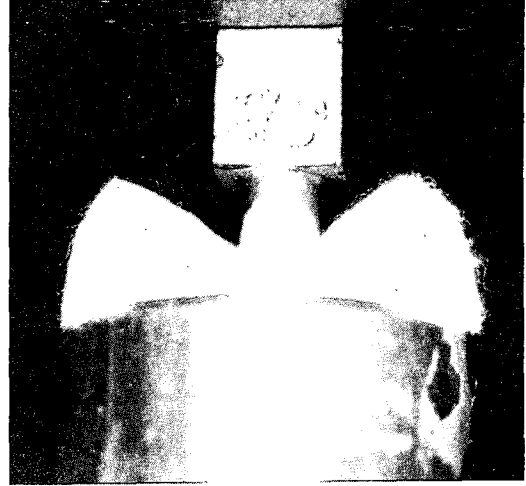


Fig. 6 Cementation of the IPS-Empress ceramic crown on metal die

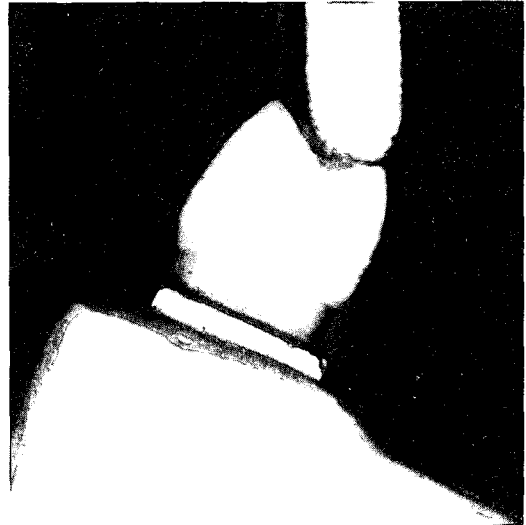


Fig. 7 IPS-Empress ceramic crown loaded in the UTM

### 4. 파절강도 측정

준비된 시편은 만능시험기(Zwick 1456 41, Zwick, Germany)를 사용하여 강도를 측정하였다. 치아의 장축이 30 $^{\circ}$  경사진 상태로 유지될 수 있도록 금속 jig를 제작하여 금속모형을 넣고, 반경이 5mm인 반원형 봉 형태를 지닌 금속 기구를 이용하여 도재관의 기능 교두인 설측 교두의 협측 경사면 중앙부위에 하중이 가해

지도록 하였다. 만능시험기의 시험 속도는 분당 1mm로 도재관이 파절될때까지 하중을 가했다 (Fig. 7).

파절강도(N)와 파절 시 도재관의 변위된 양 (mm)등은 만능시험기와 연결된 컴퓨터(Zwick PC software Z1005, Zwick, Germany)를 통해 측정하였으며 측정치는 SPSS program을 이용하여 통계 처리하였다.

### III. 연구성적

#### 1. 파절강도

본 연구의 주요 결과인 변연형태에 따른 IPS-Empress 도재관의 파절강도는 rounded shoulder가 484N으로 가장 높게 나타났으며 bevel, rounded shoulder with bevel, shoulder with bevel, shoulder, bevel with groove의 순으로 나타났다(Table 1, Fig. 8).

Table 1 . Mean and standard deviation of maximum force at fracture according to margin type.

Margin type	No.	Mean	SD
rounded shoulder	10	484.0	141.2
bevel	10	356.7	32.8
rounded shoulder with bevel	10	340.6	58.5
shoulder with bevel	10	300.4	51.4
shoulder	10	280.4	49.6
bevel with groove	10	275.2	19.0

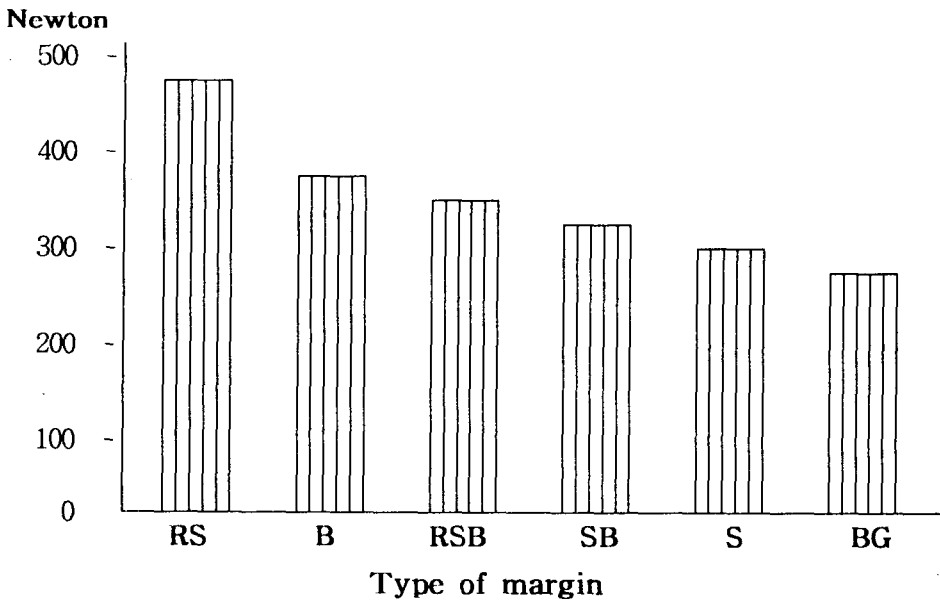


Fig. 8 Maximum force at fracture of each group

RS : rounded shoulder B : bevel RSB : rounded shoulder with bevel  
 SB : shoulder with bevel S : shoulder BG : bevel with groove

각 군간의 파절강도의 차이를 검정하기 위하여 Scheffe test를 이용하여 유의수준을 검정한 결과 rounded shoulder가 shoulder with bevel, shoulder 그리고 bevel with groove와 유의한 차이를 보였으나 그 외의 군들 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2).

## 2. 파절시 도재관의 변위

IPS-Empress 도재관의 파절시 도재관의 변위된 양은 아래와 같으며(Table. 2), 각 군간의 유의성 있는 차이는 보이지 않았다.

## 3. 파절양상

IPS-Empress 도재관의 파절양상은 변연형

Table 2 . Comparison of maximum force at fracture

Margin type	B	RSB	SB	S	BG
rounded shoulder	NS	NS	*	*	*
bevel		NS	NS	NS	NS
rounded shoulder with bevel			NS	NS	NS
shoulder with bevel				NS	NS
shoulder					NS

Scheffe test \* :  $P < 0.05$  NS : Not significant

Table 3 . Mean and standard deviation of strain at fracture according to margin type

Margin type	No.	Mean	SD
rounded shoulder	10	0.20	0.05
bevel	10	0.22	0.11
rounded shoulder with bevel	10	0.47	0.49
shoulder with bevel	10	0.18	0.02
shoulder	10	0.16	0.06
bevel with groove	10	0.22	0.15

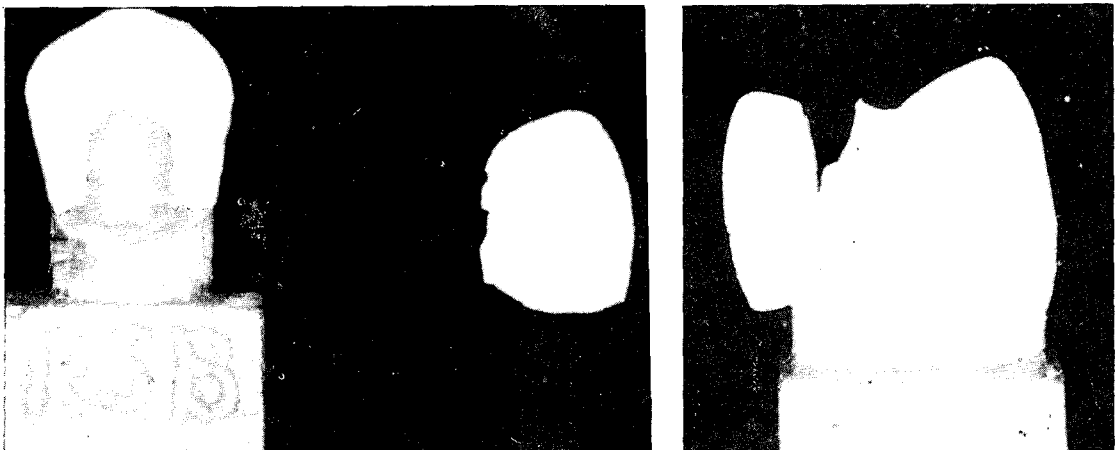


Fig. 9 Fracture mode of the IPS-Empress ceramic crown

태에 따른 차이를 나타내지 않았으며 유사한 형태로 하중이 가해진 설측 교두의 협측 경사면 중앙부위 직하방으로 수직선인 파절선이 나타났고, 도재관의 파절은 변연부위까지 일어났으며 파절선을 중심으로 도재관 파절편이 금속 모형에서 분리되었다(Fig. 9).

#### IV. 총괄 및 고찰

임상적으로 도재관의 파절강도는 삭제된 치아의 외형, 삭제량, 도재관의 재료, 치아와 수복물간의 접촉방법 및 도재관에 전달되는 힘의 상태에 따라 영향을 받는다. 삭제된 치아의 외형은 도재관에 가해진 힘의 분산에 영향을 주고<sup>22</sup> -<sup>24</sup> 형성된 치아와의 접촉방법 그리고 도재관의 두께, 가해진 힘의 방향, 파절 강도 측정시 힘이 직접 전달되는 실험기구의 반경등에 영향을 받는다<sup>25-29</sup>.

일반적으로 도재관 제작 시 추천되는 변연형태는 shoulder와 rounded shoulder인데, 본 연구에서는 두가지의 변연형태 뿐 아니라 금속관 및 금속 도재관 제작 시 치아에 형성되는 변연형태와 새로운 변연형태인 bevel with groove를 추가하여 연구를 시행하였다.

이와같이 예각의 변연형태를 실험한 것은 IPS-Empress 도재관의 제작방법이 납형을 제작하고 소환 과정을 시행한 후 가열 및 가압 과정을 통해 도재관이 제작되며 결정화된 도재 ingot을 사용하므로 도재의 수축이 없어 변연 적합성이 우수하고 도재의 안정성이 높아 세밀한 형태의 변연 및 금속 도재관 제작 시 추천되는 rounded shoulder with bevel 및 shoulder with bevel등과 같은 변연 형태도 제작이 가능하리라고 추정 사료되었기 때문이다. 그리고 새로운 변연형태인 bevel with groove를 채택한 이유는 측벽 부위에 인접한 변연상에 형성된 groove가 도재관의 파절강도에 어떠한 역할을 하는지 알아보고자 하였으며 또한, 도재관의 한 변연형태로 제작이 가능한지도 연구하고자 하였다.

도재관이 치아 수복물로서 기능을 충분히 발휘하기 위해서는 무엇보다도 교합력이 견딜수

있는 적절한 강도를 지녀야 한다. 일반적으로 치아의 교합력은 40N이고 대합치와의 최대 교합력은 평균 245N에서 540N 정도로 나타나는데<sup>30-33</sup>, 치아 수복재료로 사용되는 도재는 깨지기 쉽고 한정된 인장강도를 나타내므로 구치부를 수복할 경우 높은 강도가 요구된다고 하였다<sup>1,34</sup>.<sup>35</sup> 근래에 개발된 대부분의 도재관 재료 및 제작방법은 치아의 교합력을 견딜 수 있는 충분한 강도를 지녔으며, 심미적이고 제작과정이 간단한 방법으로 개발되어 임상에 적용하여 좋은 결과를 얻고 있다.

Sjogren과 Bergman등<sup>36</sup>은 Cerestore crown을 이용한 파절강도 실험에서 변연형태가 chamfer인 도재관보다 shoulder인 도재관의 파절강도가 높게 나타났다고 보고하였으며, Doyle등<sup>16</sup>은 Dicor crown을 이용한 파절강도 측정실험에서는 shoulder 형태의 변연을 갖는 도재관중 sharp axiokingival line angle을 갖는 도재관의 파절강도가 높게 나타났다고 보고하였다. 파절강도의 차이는 측면 경사각이 10°인 경우에 현저하게 나타났으며, 반면 경사각이 20°인 경우에는 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과는 각도의 증가에 따라 측벽 부위에 도재의 두께가 증가되어 나타난것으로 사료된다<sup>16,37</sup>. 그러나 경사도를 증가시키는 것은 한계가 있고 이는 치수의 크기에 제한을 받기 때문이며, 상아질의 두께가 감소됨에 따라 치수조직의 위해성이 증대되기 때문이다<sup>38</sup>.

Doyle 등의 Dicor 도재관을 이용한 파절강도 측정실험에서 치수조직에 손상을 가하지 않으며 법랑질과 상아질의 두께를 충분히 고려한 치아 삭제방법은 10°의 측면 경사각을 갖고 변연형태를 shoulder로 형성되는 것이 적절한 것으로 보고하였다<sup>16,39</sup>.

도재관 파절의 구조적 원인은 도재관에 생긴 기공에 의한 것으로 밝혀졌는데, 도재관에 생긴 기공과 도재관 파절의 관계에 대해 기술한 선행학들도 있다<sup>40,41,42</sup>.

Kelly등<sup>43</sup>의 연구에 의하면 도재관 실패의 원인은 도재관 내면에서 발생하는데, 내면의 특정 부위에 인장응력이 과도하게 집중되거나 또는 제작과정의 오류로 인하여 도재관 내면에

결함부위가 발생되어 일어나는 것으로 분석하였으며, Anusavice<sup>25</sup>의 연구에서도 도재관에 기공이 있는 곳이나 결함부위에 응력이 집중된다고 하였다.

도재관의 파절강도는 힘이 가해지는 방향에 따라 차이가 있는데 전치부 도재관의 치관장축에 수직방향으로 하중을 가한 경우 staining 제작법을 통해 제작된 IPS-Empress 도재관의 파절강도는 814N, layering 제작법으로 제작된 경우는 750N이었고 In-Ceram 도재관은 964N이었으며, 도재관을 경사지게 놓고 힘을 가한 경우는 파절강도가 낮게 나타났다<sup>44</sup>. 소구치부 도재관의 경우 치관장축이 10°의 경사각을 갖도록 하여 파절강도를 측정된 결과 IPS-Empress 도재관은 891N, In-Ceram 도재관(0.5mm core)은 1060N이었다<sup>18</sup>.

본 연구에서 rounded shoulder 변연의 파절강도가 484N으로 가장 높게 나타났으나, 타 연구와 비교해 볼 때 낮은 파절강도를 나타낸 것은 하중이 가해지는 위치와 각도 그리고 하중이 직접 전해지는 실험기구의 반경 및 형태가 각기 다르기 때문인 것으로 사료되는데, 특히 하중이 직접 가해지는 기구의 형태와 경사각의 차이에 따른 결과로 여겨진다. 본 실험에서 이용된 기구는 반원형의 봉 형태를 지닌 금속기구로서 하중이 도재관의 설측 교두의 협측 경사면 전체에 가해졌으며, 도재관의 경사각을 크게 하였기에 파절강도가 낮게 나타난 것으로 추측된다.

도재관과 차이의 접착 시 광중합 및 자가중합형 레진 시멘트를 이용하여 도재관 내면을 산부식 시키고 silane 처리를 시행하면 좀 더 높은 강도를 얻을 수 있다<sup>20, 21</sup>. 이러한 접착방법이 강도를 증가시키는 원인은 산부식 과정에서 도재 내면에 생긴 결함부위의 굴곡을 넓게 하여 응력의 분산을 도모하고, silane bonding agent와 레진 시멘트가 결함부위를 감싸는 피막을 형성하여 응력을 줄이고, 그리고 저작시 내면의 결함부위를 따라 일어나는 도재관의 변형을 감소시키기 때문이다<sup>25, 26, 45-47</sup>.

Dong 등은 가열 및 가압 과정에서 도재의 굽힘 강도가 증가된다고 보고하였으며, 이런

과정 후 시행되는 염색 과정과 광택 과정에서도 도재의 강도가 현저하게 증가된다고 보고하였는데<sup>12</sup>, 위의 과정에서 얻어지는 부가적인 강도의 증가는 glass와 crystal의 서로 다른 열팽창 계수에 의해 기인하는 것으로 보여진다<sup>11, 48</sup>. 높은 열팽창 계수를 지닌 백류석 결정이 낮은 열팽창 계수를 지닌 glass의 기질내에서 압축 응력을 유발시켜 도재 표면에서 결함의 발생을 제거하는 효과를 증가시킨다고 하였으나, 이러한 백류석 결정에 의한 강도 증가에는 한계가 있음을 보고했다<sup>49</sup>. Hi-ceram core material<sup>50</sup>(Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany)을 이용한 다른 연구에서도 유사한 결과가 나타났다<sup>51</sup>. 그러나 IPS-Empress 도재관의 열처리 과정중 가압 과정을 시행하지 않은 경우 도재관의 강도 증가가 나타나지 않았다<sup>12</sup>.

rounded shoulder 형태의 변연을 갖는 도재관의 파절강도가 shoulder보다 높게 나타난 것은 Dicor crown을 이용한 파절강도 측정결과와는 상이한 차이를 보이는 것으로 본 연구에서는 shoulder 형태의 변연중 rounded axio-gingival line angle을 갖는 도재관이 가장 높은 파절강도를 나타냈다.

이러한 결과는 변연형태에 따라 도재관에 전달된 파절 하중의 분산과 관련되어 나타난 결과로 추측되는데, 변연형태가 rounded shoulder인 경우 도재관에 전달된 하중이 특정부위에 집중되지 않고 축벽과 변연이 이행되는 부위의 만곡을 따라 고루 분산되어 높은 파절강도를 나타낸 것으로 사료된다. 일반적으로 도재관의 변연형태로 추천되지 않는 bevel 또는 rounded shoulder with bevel로 제작된 도재관의 파절강도가 비교적 높게 나타난 것은 도재관에 가해진 힘이 bevel면을 따라 하방으로 전달되면서 파절하중이 분산되어 나타난 결과로 여겨진다. 반면, 도재관 제작시 주로 형성되는 shoulder 형태의 변연을 갖는 도재관의 경우 sharp axio-gingival line angle 부위에 압축응력이 집중되어 낮은 파절강도에서 도재관의 파절이 일어난 것으로 사료된다. 파절 강도에 대한 유의성 검정을 시행한 결과 변연 형태가 rounded shoulder인 도재관과 shoulder with bevel, shoulder



그리고 bevel with groove인 도재관과는 유의성을 보였으며, 이 외의 다른 변연 형태의 도재관과는 유의한 차이를 보이지 않았다. 파절시 도재관의 변위된 양에 대한 유의성 검정을 시행한 결과 변연형태에 따른 유의성은 나타나지 않았고, 파절양상도 변연형태에 따른 차이가 없이 유사한 형태로 일어났으며 파절선을 보였고 잔존하는 도재관에서는 균열양상을 보이지 않았다. 이러한 결과는 도재관이 동일한 형태와 두께로 제작되어, 하중이 가해진 부위에서 변연부위까지는 가해진 하중이 거의 유사하게 전달되고 단지 변연부위에서 전달된 하중의 분산양상이 변연형태에 따라 서로 다르게 나타나므로 파절강도의 차이는 나타나지만 파절양상의 차이가 없이 유사하게 나타난 것으로 여겨진다.

본 연구를 통하여 변연형태가 도재관의 파절강도에 영향을 주는 것으로 나타났다. 그러나 변연을 달리하여 제작된 IPS-Empress 도재관의 적합성과 심미성이 아직 연구되지 않아, 향후 이러한 연구가 수행되어야 할 것으로 여겨지며, 이러한 연구들이 함께 병행된다면 적절한 강도와 더불어 좀 더 심미적인 IPS-Empress 도재관의 제작이 가능하리라 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 최근 개발되어 도재관 제작에 사용되고 있는 IPS-Empress system에서 각기 다른 변연형태의 도재관을 제작한 후 파절강도를 측정하였다. rounded shoulder, bevel, rounded shoulder with bevel, shoulder with bevel, shoulder, bevel with groove등의 변연형태를 갖는 금속다이를 제작하여 IPS-Empress 도재관을 제작한 후 레진 시멘트를 이용하여 접착하고 만능시험기 상에서 치아장축기 30° 경사지게 하여 도재관의 기능 교두인 설측 교두의 협측 경사면 중앙 부위에 하중을 가해 파절강도를 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. IPS-Empress 도재관의 파절강도는 rounded shoulder에서 484N으로 가장 높게 나타

났고, bevel에서 357N, rounded shoulder with bevel에서 341N, shoulder with bevel에서 300 N, shoulder에서 280N, 그리고 bevel with groove에서 275N으로 가장 낮게 나타났다.

2. rounded shoulder의 경우 shoulder with bevel이나 shoulder, bevel with groove와 유의한 차이를 보였다.

3. 파절시 각 도재관의 변위된 양은 약간의 차이는 있었으나 통계학적인 유의차는 없었다.

4. 도재관의 파절양상은 변연형태의 종류와 관계없이 하중이 가해진 설측 교두의 협측 경사면 중앙부위에서 치아장축으로 수직적인 파절상을 보였다.

## 참 고 문 헌

1. Probster L : Compressive strength of two modern all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont.* 5 : 409, 1992
2. Land CH : A new system of restoring badly decayed teeth by means of an enamelled metallic coating. *Independent Practitioner,* 7 : 407, 1886.
3. Brecker SC : Porcelain baked to gold. A new medium in prosthodontics. *J Prosthet Dent.* 6 : 801, 1956.
4. Wohlwend A, Scharer P : The empress technique. *Quintessenz Zahntechnik.* 16 : 966, 1990.
5. Mclean JF, Mumford G, Dykema RW : *Modern practice in dental ceramics.* W.B. Saunders Co. 35, 1967.
6. Adair PJ, Grossman DG : The castable ceramic crown. *Int J Periodont Rest Dent.* 2 : 33, 1984.
7. *Dicor laboratory manual.* Densply international, York., Pa, 1987.
8. Claus H : Das Hi-Ceram-Verfahren-metallfreie Kronen auf einem Keramikgerüst *Dent Labor.* 35 : 479, 1987.
9. *Optec HSP laboratory technique manual* Jeneric/Pentro Inc, Wallingford, Conn, Ja

- nuary, 1988.
10. Schwickerrath H : Die In-Ceram Aluminiumoxid-Keramiken innovativer dental-keramischer Werkstoff. Dent Labor. 37 : 1597, 1989.
  11. Beham G : IPS-Empress : A new ceramic technology. Ivoclar-Vivadent report. 6 : 1, 1990.
  12. Dong JK, Luthy H, Wohlwend A, Scharer P : Heat-pressed ceramics : Technology and strength. Int J Prosthodont. 5 : 9, 1992.
  13. Machert JR Jr, Russel C : Leucite crystallization of a heat-pressed dental ceramic. Int J Prosthodont. 9 : 261, 1996.
  14. Kelly JR, Giordano R, Pobir R, Michael J : Fracture surface analysis of dental ceramics : clinically failed restorations. Int J Prosthodont. 3 : 430, 1990.
  15. Kern M, Douglas WH, Fectig T, Strub JR, Delong R : Fracture strength of all-porcelain. Resin bonded bridges after testing in an artificial oral environment. J Prosthet Dent. 21 : 117, 1993.
  16. Doyle MG, Goodacre CJ, Andres CJ : The effect of tooth preparation design on the breaking strength of Dicor crown : Part 3. Int J Prosthodont. 3 : 327, 1990.
  17. Fiedlander LD, Munoz CA, Goodacre CJ, Doyle MG, Moor BK : The effect of tooth preparation design on breaking strength of Dicor crowns : Part 1. Int J Prosthodont. 3 : 159, 1990.
  18. Shinohara N, Minesaki Y, Mukoyoshi N, Moriyama, Jimi T : The effect of the cementing material on the strength of the all-ceramic crown. J JPN Prosthodont S. 33 : 416, 1989.
  19. Shinohara N, Minesaki Y, Mukoyoshi N, Moriyama, Jimi T : The effect of the cementing material on the strength of the all-ceramic crown. J JPN Prosthodont S. 33 : 416, 1989.
  20. Eden GT, Kacic JM : Dicor crown strength improvement due to bonding. J Dent Res. 66 : 207, abstr No. 802, 1987.
  21. Grossman DG, Nelson JW : The bonded Dicor crown. J Dent Res. 66 : 206, abstr No. 800. 1987.
  22. Fairhurst CW, Lockwood PE, Ragle RD, Twiggs SW : Fatigue parameter of a model feldspathic porcelain. J Int Res. 72 : 573, 1993.
  23. Myers ML, Ergle JW, Fairhurst CW, Ringle RD : Effect of stressing rate and environment on fracture strength of porcelain. J Dent Res. 72 : 575, 1993.
  24. Smith GA, Wilson NHF : The surface finish of trimmed porcelain. BR Dent J. 151 : 222, 1981.
  25. Anusavice KJ, Hojjatie B : Tensile stress in glass-ceramic crowns : Effect of flaws and cement voids. Int J Prosthodont. 5 : 351, 1992.
  26. Derand T : Stress analysis of cemented or resin-bond loaded porcelain inlays. Dent Master. 7 : 21, 1992.
  27. Voss R, Eichnerk : Orientierende Untersuchungen die Festigkeit metallkeramischer Kronen aus neuen Werkstoffen. Dtsch Zahnarztl Z. 33 : 456, 1978.
  28. Coca I, Schwickerath H : Zur Beanspruchung von Kronen im Frontzahnbereich. Dtsch Zahnarztl Z. 42 : 338, 1987.
  29. Dickinson AJG : A comparative study of the strength of aluminous porcelain and all-ceramic crowns. J Prosthet Dent. 61 : 297, 1989.
  30. DeBoerer JA, McCall WD, Holden S, Ash MM : Functional occlusal forces : An investigation by telemetry. J Prosthet Dent. 40 : 326, 1978.
  31. Jager K, Graber G, Schruett L : Aufbau und Test einer Messkette Zur Kaukraftmes-

- sung. Schweiz Monatsschr Zahnmed. 99 : 670, 1989.
32. Korber KH, Ludwig K : Maximale Kaukraft als Berechnungsfaktor zahntechnischer Konstruktionen. Dent Labor. 31 : 55, 1983.
  33. Sonnenburg M, Fethke K, Riedel S, Voelker H : Zur Belastung der Zahne des menschlichen Kiefers. Zahn-, Mund und Kieferheilkd. 66 : 125, 1978.
  34. Josephson BA, Schulman A, Duna ZA, Hurwitz W : A compressive strength study of complete ceramic crowns. Part II. J Prosthet Dent. 6 : 388, 1991.
  35. Li CC, O'Brien WJ : Strength of magnesium core crown with different body porcelain. Int J Prosthodont. 6 : 60, 1993.
  36. Sjogren G, Bergman M : Relationship between compressive strength and cervical shaping of the all-ceramic Cerestore crown. Swed Dent J. 11 : 147, 1987.
  37. Doyle MG, Munoz CA, Goodacre CJ, Friedlander LD, Moore BK : The effect of tooth preparation design on the breaking strength of Dicor crowns : Part 2. Int J Prosthodont. 3 : 241, 1990.
  38. Kafrawy AH : Biologic considerations in the selection and use of restorative materials. Dent clin North Am. 27 : 645, 1983.
  39. EI-Hadary M, EI-Massaryk H, Schehata FI, EI-Sharkary M : Thickness of enamel & dentin in different locations of crown portion and their relation to conservative treatment. Egypt Dent J. 21 : 29, 1975.
  40. Kingery WD, Bowen JH, Uhlmann DR : Introduction to ceramics. 2nd edition. New York. John Wiley & Sons. 809, 1976.
  41. Mclean JW : The science and art of dental ceramics. vol I. Chicago. Quintessence. 40, 1979.
  42. Munoz CA, Goodacre CJ, Moore BK, Dykema RW : A comparative study of aluminous porcelain jacket crowns conducted with the conventional and twin foil technique. J Prosthet Dent. 48 : 271, 1982.
  43. Kelly JR, Giordana R, Prober R, Gima MJ : Fracture surface analysis of dental ceramics : Clinically failed restorations. Int J Prosthodont. 3 : 430, 1990.
  44. Schwickerath H : Was der Zahntechniker beachten sollte Herstellung von vollkeramischem Zahnersatz. Dent Labor. 40 : 1501, 1992.
  45. Butthib H, Nathanson D : Effect of ionomer base of ceramic resistance to fracture. J Dent Res. 72 : 572, 1993.
  46. Nicholls JI : Tensile bond of resin cements to porcelain veneers. J Prosthet Dent. 60 : 443, 1988.
  47. Galamia J : High-strength porcelain bonded restorations anterior and posterior. Quintessence Int. 23 : 25, 1992.
  48. Heinenberg BJ : JPS-Empress mit neuer Keramiktechnologie. Quintessenz Zahntech. 17 : 475, 1991.
  49. Greg NJA, Piddock V, Wilson MA : In vitro comparison of conventional crown and a new all-ceramic system. J Dent. 21 : 47, 1993.
  50. Vita Zahnfabrik : Vita Hi-ceram working instructions. Bad Sackingen. Germany. 1988.
  51. Wohlwend A, Strub JR, Scharer P : Metal ceramic and all porcelain restorations : current consideration. Int J Prosthodont. 2 : 13, 1989.

## Abstract

### **A STUDY ON THE FRACTURE STRENGTH OF THE IPS-EMPRESS CERAMIC CROWN ACCORDING TO MARGIN TYPE**

Hyun-soo Kim, Tae-Hun Ju, Sang-Chun Oh, Jin-Keun Dong

*Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Wonkwang University*

The purpose of this study was to compare the fracture strength of the IPS-Empress ceramic crown according to margin types such as bevel, shoulder, rounded shoulder, shoulder with bevel, rounded shoulder with bevel and bevel with groove. After 10 metal dies were constructed for each group, the IPS-Empress ceramic crown were fabricated and each crown was cemented on each metal die with Bistite resin cement. The cemented crowns mounted in the testing jig were inclined 30 degree and universal testing machine (Zwick 1456 41, Zwick Co., Germany) was used to measure the fracture strength.

The obtained results were as follows :

1. The fracture strength of the crown with rounded shoulder was the highest of all. The mean fracture strength was 484N in rounded shoulder, 357N in bevel, 341N in rounded shoulder with bevel, 300N in shoulder with bevel, 280N in shoulder and 275N in bevel with groove.
2. The fracture strength of rounded shoulder was statistically different from those of shoulder with bevel, shoulder and bevel with groove.
3. In the strain at fracture, there was no significant difference among each group.
4. The fracture mode of the crown was similar and most of fracture line began at the loading area and extended through proximal surface perpendicularly to the margin, irrespective of margin type.